



Jenis Artikel: *orginal research/review article*

Eksperimen Menghitung Momen Inersia dalam Pesawat Atwood Menggunakan Katrol dengan Penambahan Massa Beban

Mulyadi Abdul Wahid^{1,2}, Fitria Rahmadhani¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;

²Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

Corresponding e-mail: ff443064@gmail.com

KATA KUNCI:

Pesawat Atwood,
GLB, GLBB,
Momen Inersia.

Diserahkan: Januari 2019
Diterima: Februari 2019
Direvisi: Maret 2019
Diterbitkan: April 2019
Terbitan daring: 1 Juli 2020

ABSTRAK. Pesawat Atwood adalah alat eksperimental yang sering digunakan untuk mengamati hukum-hukum mekanik tentang gerak akselerasi secara teratur. Dalam percobaan bidang atwood terdapat gerakan lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB). Gerak lurus beraturan (GLB) merupakan gerakan garis lurus dengan kecepatan tetap, sehingga jarak yang ditempuh dalam gerak lurus beraturan adalah kelajuan kali waktu. Sedangkan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerakan lurus ke arah horizontal dengan kecepatan yang berubah setiap saat karena akselerasi yang tetap. Tidak hanya gerakan garis lurus dan gerakan lurus berubah secara teratur, tetapi prinsip kerja katrol juga diterapkan. Momen inersia sebuah katrol adalah ukuran dari inersia sebuah katrol untuk memutar atau mengubah keadaan rotasinya ketika ada momen kekuatan yang dihasilkan bekerja padanya. Momen inersia katrol ini dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan konseptual atau melalui eksperimen dan pendekatan matematika. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa apabila beban tambahan yang diberikan semakin besar maka momen inersia yang dihasilkan besar, begitu juga sebaliknya.

1. Pendahuluan

Fisika merupakan ilmu yang menganalisis alam, dilakukan untuk memahami bagaimana alam semesta berperilaku (Trianto, 2011: 137). Ilmu fisika juga terjadi pada diri kita, dimana kita dapat berdiri tegak tanpa melayang di bumi ini. Tak hanya pada kita, ketika sedang duduk, berjalan, bekerja dan kegiatan-kegiatan lainnya tidak terlepas dari konsep fisika. Namun, terkadang manusia kurang menyadari bahwa peristiwa fisika selalu mengiringi kehidupannya, sehingga dianggap sebagai peristiwa yang lumrah terjadi. Hal tersebut baru diketahui maknanya setelah mengenal dan mempelajari ilmu fisika.

Gerak termasuk bidang yang dipelajari dalam mekanika, yang merupakan cabang dari fisika. Seseorang ilmuwan Inggris yang telah berjasa dalam ilmu Fisika terutama dinamika, yakni Sir Isaac Newton (1642-1727). Ia mengungkapkan tiga hukumnya yang terkenal tentang gerak. Hingga saat ini, penemuannya tentang gaya dan gerak masih digunakan dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam bidang teknologi modern yang semakin pesat. Kita dapat menemukan contoh dari dinamika dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada alat menimba air di dalam sumur ketika akan mengambil air. Sistem yang digunakan dalam alat tersebut adalah katrol, yang membantu kita untuk menarik ember yang berisi air dengan menggunakan tali.

Katrol merupakan sebuah roda yang sekelilingnya diberi tali dan dipakai untuk mempermudah pekerjaan manusia. Beban akan terasa lebih ringan jika menggunakan katrol. Salah satu eksperimen fisika yang memiliki prinsip kerja sama dengan katrol adalah alat pesawat atwood. Pesawat atwood merupakan penerapan dari konsep kinematika dan dinamika rotasi benda tegar. Benda tegar sebagai objek pembahasan, ukurannya tidak diabaikan (tidak dianggap sebagai satu titik pusat materi), dengan resultan gaya eksternal dapat menyebabkan benda bergerak translasi dan juga rotasi (berputar terhadap suatu poros tertentu).

Pada saat mempelajari hukum Newton, diketahui bahwa ukuran kelembaman benda pada gerak translasi adalah massa. Apabila kita perhatikan pergerakan planet pada porosnya, planet-planet tersebut terus berputar pada sumbunya tanpa berhenti akan selalu mempertahankan keadaan untuk terus berotasi. Dengan demikian, pada gerak rotasi dikenal istilah kelembaman. Besaran pada gerak rotasi yang analog dengan massa pada gerak translasi dikenal dengan momen inersia. (Tipler, 1998: 66). Momen inersia pada suatu benda tegar dapat ditentukan massa dan dimensi fisiknya, baik dengan cara matematis maupun eksperimen. Metode eksperimen dapat dilakukan sebagai pembuktian sebuah konsep mengenai momen inersia, besaran-besaran yang terukur dan yang mempengaruhi nilai momen inersia.

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis kemukakan maka tujuan dari penelitian ini antara lain untuk memahami konsep kinematika yang memperlihatkan berlakunya hukum Newton dan mengetahui pengaruh penambahan massa beban terhadap besarnya momen inersia katrol yang dihasilkan.

2. LANDASAN TEORI

Mekanika klasik adalah teori tentang gerak yang didasarkan pada konsep massa dan gaya serta hukum-hukum yang menghubungkan konsep fisis dengan besaran kinematika (perpindahan, kecepatan, dan percepatan). Semua gejala dalam mekanika klasik dapat digambarkan hanya dengan tiga hukum sederhana yang dinamakan hukum Newton tentang gerak (Tipler, 1998: 89).

Galileo menyimpulkan jika tidak ada gaya yang diberikan pada benda yang bergerak, benda itu akan terus bergerak dengan laju konstan pada lintasan yang lurus, dan benda akan melambat hanya jika ada benda yang diberikan padanya. Berdasarkan penemuan ini, Isaac Newton (1642-1727) membangun teori geraknya yang terkenal dan dirangkum dalam "Tiga Hukum Gerak" (Giancoli, 2001: 92).

Hukum pertama Newton menyatakan bahwa: *Setiap benda dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan konstan akan tetap diam atau akan terus bergerak dengan kecepatan konstan, kecuali ada gaya eksternal yang bekerja pada benda itu.*

$$\sum F = 0 \quad (1)$$

Kecenderungan dari keadaan ini digambarkan dengan mengatakan bahwa benda mempunyai kelembaman. Sehubungan dengan itu, hukum pertama Newton seringkali dinamakan hukum kelembaman.

Hukum pertama dan kedua Newton dapat dianggap sebagai definisi gaya. Gaya adalah suatu pengaruh pada sebuah benda yang menyebabkan benda mengubah kecepatannya, artinya dipercepat. Arah gaya adalah arah percepatan yang disebabkan jika gaya itu adalah gaya satu-satunya gaya yang bekerja pada benda tersebut. Besarnya gaya adalah hasil kali massa benda dengan besarnya percepatan. Sedangkan massa adalah sifat instrinsik sebuah benda yang mengukur resistansinya terhadap percepatan (Tipler, 1998: 91).

Dengan demikian hukum Newton II menyatakan bahwa: *Percepatan yang dialami sebuah benda besarnya sebanding dengan besar resultan gaya yang bekerja pada benda itu, searah resultan gaya itu dan berbanding terbalik dengan massa kelembaman benda itu.*

$$\sum F = m \cdot a \quad (2)$$

Hukum ketiga Newton menyatakan bahwa tidak ada gaya timbul di alam semesta ini, tanpa keberadaan gaya lain yang sama dan berlawanan dengan gaya itu. Jika sebuah gaya bekerja pada sebuah benda (aksi) maka benda itu akan mengerjakan gaya yang sama besar namun berlawanan arah (reaksi). Dengan kata lain gaya selalu muncul berpasangan. Tidak pernah ada gaya yang muncul sendirian.

Hukum ketiga Newton menyatakan bahwa: *Untuk setiap gaya (aksi) terdapat sebuah pasangan gaya (reaksi) yang besarnya sama namun arahnya berlawanan.*

$$F_{aksi} = -F_{reaksi} \quad (3)$$

Gerak translasi dapat didefinisikan sebagai gerak pergeseran suatu benda dengan bentuk dan lintasan yang sama di setiap titiknya. Jadi sebuah benda dapat dikatakan melakukan gerak translasi (pergeseran) apabila setiap titik pada benda itu menempuh lintasan yang bentuk dan panjangnya sama (Tipler, 1998: 13). Gerak translasi dibagi tiga yaitu gerak lurus, gerak melingkar, dan gerak parabola. Berdasarkan kecepatannya gerak lurus dibagi 2 yaitu:

Gerak Lurus Beraturan (GLB) adalah gerak suatu benda yang lintasannya lurus dan kecepatannya tetap atau konstan sehingga jarak yang ditempuh dalam gerak lurus beraturan adalah kelajuan kali waktu (Halliday, 2010: 19).

$$s = v \cdot t \quad (4)$$

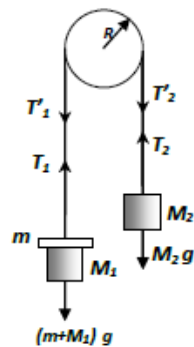
Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda pada lintasan lurus dengan kecepatannya berubah secara teratur tiap detik. Perubahan kecepatan tiap detik disebut juga dengan percepatan. Akibat adanya percepatan tetap, maka jumlah jarak yang ditempuh tidak lagi linier melainkan kuadratik (Giancoli, 2001: 31)

$$v_t = v_0 + a \cdot t \quad (5)$$

Momen inersia merupakan representasi dari tingkat kelembaman benda yang bergerak rotasi. Semakin besar momen inersia suatu benda, semakin malas dia berputar dari keadaan diam, dan semakin malas pula ia untuk mengubah kecepatan sudutnya ketika sedang berputar.

$$I = \sum mr^2 \quad (6)$$

Katrol adalah suatu roda dengan bagian berongga di sepanjang sisinya untuk tempat tali atau kabel.



Gambar 1. Katrol pada pesawat atwood

Sumber: <http://mediabelajaronline.blogspot.co.id>.

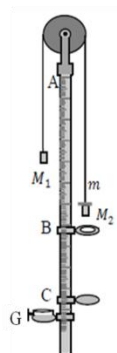
Pada Gambar 1 katrol dilukiskan sebuah sistem yang terdiri dari dua buah silinder yang massanya dibuat sama M_1 dan M_2 dihubungkan dengan tali melalui sebuah katrol. Pada sistem ini gesekan katrol dan massa tali diabaikan, tali dianggap tidak mulur dan tidak pernah slip terhadap katrol. Sistem yang demikian ini kemudian disebut sebagai Pesawat Atwood. Pada M_1 diberikan massa tambahan m agar sistem bergerak lurus berubah beraturan. Karena $(M_1 + m) > M_2$ maka $(M_1 + m)$ dan M_2 kedua-duanya akan bergerak dipercepat beraturan sesuai dengan hukum II Newton. Dengan demikian, momen inersia dalam pesawat atwood adalah:

$$I = \frac{((M_1 + m - M_2)g - (M_1 + m - M_2)a)R^2}{a} \quad (7)$$

3. METODELOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Dengan menggunakan alat dan bahan sebagai berikut: katrol, tiang berskala, silinder beban dengan tali, beban tambahan, stopwatch, mistar kain, klem penahan berlubang, klem penahan tak berlubang, klem pemegang/pelepas silinder.

Langkah Percobaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) Diukur dan dicatat massa silinder beban, beban tambahan serta massa katrol M_k dengan neraca digital dan jari-jari katrol (R) menggunakan mistar kain. 2) Dirangkai alat dan bahan sesuai dengan gambar percobaan. 3) Digantungkan M_1 dan M_2 pada ujung-ujung tali dan dipasangkan pada katrol, lalu dipasang M_1 pada genggam (G) dan diselidiki apakah tiang sejajar dengan tali. 4) Ditambahkan beban tambahan m pada M_2



Gambar 2. Percobaan Pesawat Atwood

Prinsip kerja sistem memenuhi 2 kegiatan, yaitu kegiatan I ketika beban M_1 dilepas dari genggaman (G) sehingga beban melewati titik A ke B dikatakan sistem sedang bergerak lurus berubah beraturan (GLBB) dan kegiatan II ketika beban m tersangkut di titik B sedangkan M_2 tetap meju dengan kecepatan tetap dikatakan sistem telah bergerak lurus beraturan (GLB).

4. HASIL PENELITIAN

Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

Table 1. Tabel Data Pengamatan Kegiatan I

No.	Variasi Massa (kg)			X_{AB} (m)	t_{AB} (s)	a (m/s^2)	I ($kg.m^2$)
	M_1	M_2	m				
1.	0,1015	0,1	0,01	0,25	0,45	0,19	0,65
2.	0,1015	0,1	0,02	0,27	0,78	0,22	0,73
3.	0,1015	0,1	0,03	0,29	1,1	0,25	0,82

Pada kegiatan I, diketahui bahwa benda bergerak dalam keadaan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), maka perhitungan percepatan yang ditempuh benda dalam lintasan menggunakan persamaan:

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \text{ dimana } v_0 = 0 \text{ maka:}$$

$$S = \frac{1}{2} a t^2$$

$$a = \frac{2x}{t^2}$$

Sehingga besarnya percepatan benda pada kegiatan I adalah:

1. Pada massa tambahan ($m = 0,01 \text{ m}$) $a_1 = |0,25 \pm 0,018| \text{ m/s}^2$
2. Pada massa tambahan ($m = 0,02 \text{ m}$) $a_2 = |0,27 \pm 0,022| \text{ m/s}^2$
3. Pada massa tambahan ($m = 0,03 \text{ m}$) $a_3 = |0,29 \pm 0,01| \text{ m/s}^2$

Perhitungan momen inersia yang dialami katrol dapat menggunakan persamaan (7) sehingga diperoleh:

1. Pada massa tambahan ($m = 0,01 \text{ m}$), $I = 0,45 \text{ kg.m}^2$
2. Pada massa tambahan ($m = 0,02 \text{ m}$), $I = 0,78 \text{ kg.m}^2$
3. Pada massa tambahan ($m = 0,03 \text{ m}$), $I = 1,1 \text{ kg.m}^2$

Berdasarkan data percobaan pada tabel 4.1 didapatkan bahwa pada percepatan (a), massa dengan tambahan beban lebih besar akan mengalami perlambatan akibat benturan yang terjadi saat piringan lempeng menyentuh klem penahan yang berlubang. Untuk momen inersia, beban yang ditambahi beban tambahan dengan massa lebih besar memiliki inersia yg lebih besar pula dibandingkan beban tunggal. Dapat dilihat

bahwa pada saat massa tambahan ($m = 0,03$) momen inersia yang dihasilkan lebih besar dibandingkan untuk massa tambahan ($m = 0,02$ dan $m = 0,01$).

Table 2. Tabel Data Pengamatan Kegiatan II

No.	Variasi Massa (kg)			X_{BC} (m)	t_{BC} (s)	v (m/s)
	M_1	M_2	m			
1.	0,1015	0,1	0,01	0,17	0,9	0,19
2.	0,1015	0,1	0,02	0,19	1,03	0,22
3.	0,1015	0,1	0,03	0,2	1,19	0,25

Sedangkan pada kegiatan II diketahui bahwa benda bergerak dalam keadaan Gerak Lurus Beraturan (GLBB), maka perhitungan untuk kecepatan pada masing-masing massa tambahan dengan menggunakan persamaan $v = a \cdot t$ diperoleh nilai sebagai berikut:

1. Pada massa tambahan ($m = 0,01$ m), $v_1 = |0,17 \pm 0,0097|$ m/s
2. Pada massa tambahan ($m = 0,02$ m), $v_2 = |0,19 \pm 0,015|$ m/s
3. Pada massa tambahan ($m = 0,03$ m), $v_3 = |0,2 \pm 0,014|$ m/s

Berdasarkan data percobaan pada tabel 4.2 didapatkan bahwa kecepatan (v) untuk perhitungan pertama pada massa tambahan ($m = 0,01$) lebih cepat dibandingkan kecepatan pada massa tambahan ($m = 0,02$ dan $m = 0,03$). Hal ini dikarenakan waktu yang ditempuhnya pada massa tambahan ringan semakin cepat, maka kecepatan yang dialami benda juga semakin cepat.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah penulis lakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pesawat Atwood merupakan alat yang dapat dijadikan sebagai aplikasi atau sebagai alat yang dapat membantu dalam membuktikan hukum-hukum Newton, Terbukti bahwa pada kegiatan I massa bergerak lurus berubah beraturan dan pada kegiatan II massa bergerak lurus beraturan.
- b. Momen inersia yang dihasilkan dalam percobaan Pesawat Atwood memiliki pengaruh terhadap beban yang diberikan. Apabila massa beban tambahan yang diberikan besar maka momen inersia yang dihasilkan juga besar, begitu pula sebaliknya.

Tak hanya itu, momen inersia dapat bernilai besar maupun kecil, juga tergantung penggunaan percepatan dalam perhitungannya. Apabila percepatan yang digunakan besar, maka momen inersia akan bernilai kecil, begitupun sebaliknya.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Laboratorium Pendidikan Fisika FTK UIN Ar-Raniry yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian ini.

Keterlibatan Penulis

MAW membimbing proses pembuatan jurnal, dan FR yang telah melakukan penelitian dan pengolahan data.

Daftar Pustaka

- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika, Edisi kelima Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2010. *Fisika Dasar 1 Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, Marten. 2006. *FISIKA*. Jakarta: Erlangga.
- Nurjanah, Jalilah Rahmastuti, dkk. 2014. "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif *E-Magazine* pada Materi Pokok Dinamika Rotasi untuk SMA Kelas XI". *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika (JMPF)*. Vol. 4. No. 1.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik, Edisi ketiga Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Trianto. 2011. *Model Pembelajaran Terpadu*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Umar, Efrizon. 2007. *Fisika dan Kecakapan Hidup*. Jakarta: Ganeca.
- Yusuf, Kholid. 2015. "Penentuan Koefisien Momen Inersia dengan Video Analisis". *Jurnal SNFPF*. Vol. 6. No.1.